

Penggunaan Sumber Daya Genetik Mikrobial dan Hasil Rekayasa Genetik di Lingkungan Alami: Pentingnya Kajian Bioetika

Jumailatus Solihah

Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

ABSTRACT

Use of Microbial Genetic Resources and Product of Genetic Engineering under natural Environments: A Bioethical Perspective. Microbe isolations from their natural environments were done in various research for different purposes, such as to obtain microbes that enhance a process; to produce enzymes or certain metabolites; to obtain microbes that tolerant to stresses, and to obtain microbes for conservation purposes. Generally, the final purpose is for human welfare. The isolation step is followed by exploration of maximum potential of the selected isolates, then genetic engineering of the isolates, and finally its application under natural environments. The microbes that have been isolated and modified in the laboratory and then released in nature have been passed through a series of adaptation processes to artificial environments made by human. The microbial changes, either physiological or genetic, due to on purpose (through genetic engineering) or non purpose (through mutation due to technical error or human error) could happen to the microbes, so that when they are released to the nature will behave differently from those in the laboratory or even from their original environments. Although the main aim is to improve human welfare, the release of genetically modified microorganisms (GMO) and the potential to change the natural environments may cause anxieties to many parties, particularly to nonexperts. A study on bioethics is very important, particularly in relation to the application of the GMO beyond the laboratory. Benefit analysis of the release of GMO should be followed a risk analysis by considering their impacts to the environments. Besides, proper socializations of the GMO also needed to prevent from the occurrence of conflicts of interests in the society

Key words: Microbial isolates, environment, bioethics.

ABSTRAK

Penggunaan Sumber Daya Genetik Mikrobial dan Hasil Rekayasa Genetik di Lingkungan Alami: Pentingnya Kajian Bioetika. Isolasi mikrobial dari lingkungan alami banyak dilakukan dalam berbagai penelitian untuk bermacam tujuan, antara lain untuk mendapatkan mikrobial yang dapat mempercepat suatu proses, menghasilkan enzim atau metabolit tertentu, mampu hidup di lingkungan dengan cekaman, atau untuk tujuan konservasi. Secara umum, tujuan akhirnya adalah untuk kesejahteraan manusia. Tahap isolasi tersebut umumnya akan dilanjutkan dengan tahap eksplorasi potensi maksimal isolat terpilih hingga tahapan rekayasa genetik, dan pada akhirnya aplikasi di lingkungan alami. Mikroorganisme yang diisolasi dan dikembangkan di laboratorium yang kemudian dilepas di lingkungan sudah mengalami serangkaian proses adaptasi terhadap lingkungan buatan yang diciptakan manusia. Perubahan, baik secara fisiologis ataupun genetik, baik karena disengaja (khususnya melalui proses rekayasa genetik), maupun tidak disengaja (misalkan terjadi mutasi akibat kesalahan metodologis atau *human error*) sangat mungkin terjadi pada mikroorganisme tersebut, sehingga ketika dilepas di lingkungan alami mungkin tidak akan berperilaku seperti di lingkungan laboratorium, bahkan berbeda dari lingkungan alami dari mana ia berasal. Meskipun di-

tujukan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia, pelepasan isolat mikroorganisme hasil pengembangan di laboratorium serta potensinya dalam mengubah lingkungan alami memunculkan kekhawatiran berbagai pihak, khususnya masyarakat awam. Kajian bioetik sangat penting khususnya dalam tahap aplikasi di lingkungan di luar laboratorium. Analisis keuntungan aplikasi di lingkungan alami harus diimbangi dengan analisis risiko (*risk analysis*) dengan mempertimbangkan berbagai pihak yang akan terkena dampak (baik dampak positif ataupun negatif). Selain itu, sosialisasi yang layak pada pihak-pihak terkait sebelum aplikasi dilakukan dapat mereduksi munculnya konflik di masyarakat.

Kata kunci: Isolat mikrobial, lingkungan, bioetika.

PENDAHULUAN

Aktivitas manusia menjadi penyebab utama perubahan ekosistem di bumi. Berbagai macam aktivitas manusia dapat memberikan pengaruh baik secara langsung ataupun tidak langsung terhadap ekosistem, di udara hingga lautan, di kutub hingga daerah tropis, di laut dalam hingga gunung tinggi. Mulai dari aktivitas paling sederhana hingga upaya paling canggih dilakukan manusia dalam rangka pemenuhan kebutuhannya dan untuk meningkatkan taraf kehidupannya.

Bioteknologi merupakan salah satu di antara banyak cara yang digunakan manusia dalam upaya meningkatkan kesejahteraan hidupnya. Di era awal perkembangan bioteknologi, manusia mulai memanfaatkan mikrobial dalam pengolahan pangan dan pengobatan. Dalam perkembangan selanjutnya, penggunaan mikrobial dan sumber daya genetiknya mulai dimanfaatkan hampir dalam berbagai bidang kehidupan manusia, di antaranya adalah bidang pertanian dan pengelolaan lingkungan.

Isolasi mikrobial dari alam banyak dilakukan dengan berbagai macam tujuan, antara lain untuk mendapatkan mikrobial yang dapat mempercepat suatu proses kimiawi (menghasilkan enzim katalitik tertentu), menghasilkan metabolit tertentu, mampu hidup di lingkungan dengan cekaman lingkungan, atau untuk tujuan konservasi. Isolasi mikrobial yang memiliki sifat-sifat tertentu juga dilakukan untuk mempelajari karakteristik molekulernya, untuk kemudian dimanfaatkan dalam proses rekayasa genetika.

Tahap penelitian di laboratorium, mulai tahap isolasi, karakterisasi, hingga mungkin tahap rekayasa genetik, rekayasa proteomik, atau rekayasa metabolik, pada umumnya merupakan tahap-tahap awal yang akan dilanjutkan dengan tahap aplikasi di lapang. Beberapa contoh aplikasi lapang misalnya penggunaan mikrobial sebagai pupuk hayati, sebagai bioremediator lahan tercemar, penghasil bioplastik, hingga kultivasi tanaman transgenik yang mengandung gen dari mikrobial tertentu (misalnya kapas transgenik yang karena mengandung gen dari *Bacillus thuringiensis* sehingga resisten terhadap insektisida, *golden rice* yang mengandung gen-gen yang mengekspresikan enzim untuk sintesis betakaroten, tanaman yang difungsikan sebagai bioreaktor, penghasil antibodi, ekspresi antigen, dan lain-lain).

Secara umum, tujuan akhir semua upaya tersebut adalah untuk kesejahteraan manusia. Melalui bioteknologi, manusia seolah-olah hendak “mengubah” sistem kehidupan yang ada, atau mungkin “memperbaiki” sistem kehidupan yang dianggap kurang menguntungkan. Seringkali upaya tersebut menghasilkan sesuatu yang dianggap lebih baik, dari sudut pandang kepentingan manusia. Akan tetapi, seringkali sudut pandang tersebut membuat se-

olah-olah menyamarkan atau bahkan meniadakan kepentingan pihak lain, misalnya ekosistem dan biodiversitas. Pertimbangan dampak positif ataupun negatif seringkali tidak dilakukan secara seimbang.

Di sinilah peran bioetika sangat dibutuhkan. Bioetika yang pada awalnya hanya dirasa penting dalam praktek biomedis, kini juga sangat diperlukan dalam menghadapi berbagai isu yang muncul sebagai dampak perkembangan ilmu-ilmu biologi dan teknologi secara luas. Dalam prakteknya, terdapat dua lahan garapan untuk bioetika, yakni bidang akademis (pengajaran/penelitian) dan bidang praktis (membantu penentu kebijakan dalam mempersiapkan undang-undang/peraturan-peraturan, komisi nasional dan internasional).

LINGKUNGAN

Perkembangan bioteknologi seyogyanya ditujukan tidak hanya untuk kepentingan manusia, tetapi juga harus mengindahkan kepentingan masyarakat sosial dan lingkungan. Dalam kurun waktu 100 tahun terakhir, manusia telah membuat perubahan lingkungan secara drastis dan mungkin bersifat *irreversible*, termasuk penggunaan secara berlebihan bahan bakar fosil, air, produksi gas rumah kaca, dan lain-lain, diiringi pertumbuhan pesat populasi manusia di muka bumi (Kinderlerer dan Mike 2003). Manusia tidak lagi memiliki hubungan harmonis dengan alam. Dengan demikian, kita harus lebih memperhatikan pengaruh tindak langkah kita terhadap lingkungan. Apabila tujuan akhir kita adalah kesejahteraan hidup, maka keberlangsungan dan kebersinambungan (*sustainability*) ekosistem mutlak harus menjadi perhatian utama.

Hingga saat ini, argumen-arguman yang muncul seputar perkembangan bioteknologi terutama terfokus pada potensi risiko terhadap kesehatan manusia, aliran materi genetik pada spesies-spesies terkait, dan konsekuensi ekologis secara jangka pendek. Hanya sedikit perhatian yang ditujukan pada hal yang justru mendasar, yakni, siapa yang di masa mendatang akan mewarisi teknologi ini (Peters 2000). Dengan kata lain, keberlangsungan ekosistem dan bahkan kehidupan manusia di masa mendatang sering terabaikan.

Berbagai penelitian yang dilakukan, tidak dapat dipungkiri, umumnya dengan tujuan yang berpusat pada kepentingan manusia (*human centered*). Entah untuk sekedar memuaskan rasa ingin tahu, pembuktian teori, hingga untuk aplikasi dalam rangka meningkatkan taraf kehidupan manusia. Perhitungan biaya (*cost*) dan keuntungan (*provit*) seringkali hanya berpusat pada kepentingan manusia, dan bersifat jangka pendek. Kelestarian ekosistem (yang sebenarnya juga berimplikasi keberlangsungan hidup manusia) terkadang kurang diperhitungkan.

BIOTEKNOLOGI: DUA SISI MATA UANG

Penelitian yang dilakukan di laboratorium ataupun di lapang pada umumnya dilakukan sesuai dengan rencana yang telah disusun dan memiliki tujuan terfokus. Akan tetapi, dalam prakteknya terkadang terjadi penyimpangan dari prosedur yang telah ditetapkan, umumnya karena kondisi laboratorium yang tidak kondusif atau karena faktor *human error*. Mikrobia dengan sifat tertentu yang berhasil diisolasi dapat secara tidak disengaja terlepas ke lingkungan luar, misalnya dalam proses pengiriman sampel mikrobia yang tidak sesuai prosedur. Meskipun mungkin kecil kemungkinan ia mendapati lingkungan yang langsung sesuai

dengan pertumbuhannya, tetapi kekhawatiran akan dapat tumbuhnya mikrobia tersebut di luar kendali merupakan hal yang sangat wajar terjadi, terutama apabila mikrobia tersebut bersifat patogenik.

Mikroorganisme yang berhasil diisolasi dan dikembangkan di laboratorium mengalami serangkaian proses adaptasi terhadap lingkungan buatan yang diciptakan manusia. Perubahan, baik secara fisiologis ataupun genetik, baik karena disengaja (khususnya melalui proses rekayasa genetik), maupun tidak disengaja (misalkan terjadi mutasi akibat kesalahan metodologis atau *human error*) sangat mungkin terjadi pada mikroorganisme tersebut, sehingga ketika dilepas di lingkungan alami mungkin tidak akan berperilaku seperti di lingkungan laboratorium, bahkan berbeda dari lingkungan alami dari mana ia berasal.

Sesuai dogma sentral aliran informasi genetik pada organisme, perubahan dalam materi genetik (DNA) mungkin akan berimplikasi pada perubahan protein yang diekspresikan, dan mungkin pula akan berakibat munculnya perubahan dalam sistem metabolisme, kecuali jika terjadi *silent mutation* (perubahan genetik tidak mengubah ekspresi protein). Perubahan yang dialami mikroorganisme dapat berupa perubahan yang bersifat positif (dengan kata lain menguntungkan bagi ekosistem), atau negatif (sebaliknya, merugikan bagi ekosistem). Terdapat dua sisi mata uang dalam penelitian di laboratorium maupun di lapang. Selain sisi manfaat yang menguntungkan, ada sisi lain yang bersifat kebalikannya, yang seringkali tidak terlihat.

MANFAAT VS ANCAMAN: STUDI KASUS PENERAPAN BIOTEKNOLOGI LINGKUNGAN

Suatu hal yang lazim apabila muncul pertanyaan-pertanyaan skeptis ketika suatu teknologi akan diaplikasikan di lapang. Sebagai contoh adalah, ketika akan dilakukan aplikasi di lapang mikrobia bioremediasi lingkungan tercemar, muncul pertanyaan-pertanyaan terkait manfaat dan ancaman yang mungkin muncul dari pemanfaatan mikrobia sebagai bioremediasi. Apakah ada efek negatif yang tersembunyi, semisal apakah ada kemungkinan kelompok mikroorganisme yang dilepaskan tersebut akan mendominasi dan mengancam biodiversitas di lingkungan terkait, apakah mungkin terjadi perubahan sifat alami tanah dan lingkungan setelah proses bioremediasi, dan apakah perubahan tersebut berarti merupakan perbaikan ekosistem, ataukah sebaliknya?

Pertanyaan-pertanyaan skeptik terkait efek negatif penerapan mikrobia (hasil isolasi ataupun hasil pengembangan rekayasa genetik ataupun metabolik) di lapang pada umumnya adalah terkait ancaman terhadap biodiversitas alami. Apakah mikrobia yang dilepas akan tidak merusak biodiversitas di lingkungan terkait ataukah sebaliknya, ia akan mengalami pertumbuhan pesat dan mendominasi lingkungan tersebut (karena pada umumnya mikrobia yang diisolasi dan dikembangkan merupakan mikrobia yang diyakini memiliki sifat-sifat unggul seperti tahan kondisi cekaman, mampu tumbuh dengan baik dalam ketersediaan nutrisi minimal, menghasilkan enzim atau metabolit tertentu yang mendukung pertumbuhan atau untuk pertahanan diri, dan lain-lain).

Pertanyaan lain yang muncul adalah terkait kelestarian dan keseimbangan ekosistem. Apakah mikrobia yang dilepas tidak akan mengubah sifat alami ekosistem? Apakah ia berpotensi mengubah keseimbangan ekosistem, misalnya, selain terkait isu biodiversitas juga menyangkut perubahan sifat-sifat kimiawi dan sifat fisik lingkungan. Apakah perubahan yang

dihasilkan akan berdampak positif bagi kelestarian ekosistem, ataukah sebaliknya, mengancam kelestarian ekosistem? Sebagai ilustrasi adalah aplikasi mikrobia pelarut P (fosfat) di lahan pertanian yang ditujukan untuk mengurangi penggunaan pupuk P pabrik, sehingga akan menghemat biaya produksi. Idealnya, inokulasi mikrobia dilakukan di lahan dengan kadar P tinggi, sehingga penggunaannya dapat dilakukan tanpa diiringi pemberian pupuk pabrik. Akan tetapi, penggunaan jangka panjang tanpa memperhatikan laju daur P di alam dapat menimbulkan kekhawatiran bahwa aplikasi mikrobia pelarut fosfat dalam jangka panjang dapat mengurangi kadar fosfat tanah hingga pada tingkat yang mengkhawatirkan.

Selain pertanyaan-pertanyaan terkait biodiversitas dan kelestarian ekosistem, akan selalu ada kemungkinan munculnya pertanyaan-pertanyaan lain terkait aplikasi mikrobia di lingkungan alami. Salah satunya adalah terkait kesehatan manusia dan hewan ternak, khususnya jika mikrobia yang digunakan merupakan mikrobia patogen (meskipun sudah dilemahkan) semisal untuk keperluan vaksin. Terdapat kekhawatiran bahwa mikrobia tersebut dapat mengalami *reverse mutation* dan menjadi patogen kembali.

Munculnya pertanyaan-pertanyaan skeptik di masyarakat terkait aplikasi lapang mikrobia hasil isolasi dan pengembangan di laboratorium seperti beberapa contoh di atas seyogyanya tidak diabaikan. Penelitian lebih lanjut terkait kemungkinan adanya dampak negatif tersebut harus dipertimbangkan dan direncanakan dari awal. Dengan demikian, dapat pula disusun langkah-langkah antisipatif terencana ketika muncul penyimpangan-penyimpangan. Perencanaan yang matang dengan mempertimbangkan berbagai dampak yang dapat dirasakan oleh berbagai pihak dapat menghasilkan penelitian yang berkesinambungan, yang mendukung kelestarian alam dan yang pada akhirnya juga mendukung terwujudnya pembangunan berkelanjutan.

PENTINGNYA KAJIAN BIOETIKA LINGKUNGAN

Permasalahan etika merupakan permasalahan menyangkut pilihan-pilihan, yang seringkali merupakan dilema (Nazif 2008a). Dalam setiap tindak langkah yang harus dijalani dalam suatu proses penelitian, seyogyanya pula dipertimbangkan alternatif-alternatif yang muncul, mana yang lebih baik dilakukan, langkah mana yang kira-kira akan menghasilkan manfaat, dan mana yang akan lebih memperburuk keadaan. Seringkali pilihan-pilihan yang ada tidaklah sederhana karena ketika kita memilih salah satu, maka akan ada pihak yang diuntungkan, dan ada yang dirugikan.

Meskipun ditujukan untuk kesejahteraan manusia, pelepasan isolat mikroorganisme hasil pengembangan di laboratorium serta potensinya dalam mengubah lingkungan alami memunculkan kekhawatiran berbagai pihak, khususnya masyarakat awam. Di sini, kajian bioetika lingkungan dirasa sangat penting, mulai dari tahap perencanaan awal hingga tahap aplikasi di lingkungan di luar laboratorium. Analisis keuntungan aplikasi di lingkungan alami harus diimbangi dengan analisis risiko (*risk analysis*) dengan mempertimbangkan berbagai pihak yang akan terkena dampak (baik dampak positif ataupun negatif).

Salah satu cara analisis etika yang mungkin cukup bermanfaat dan dapat dilakukan di tahap perencanaan awal adalah dengan menyusun matriks etika (hasil adopsi dari *Mepham's ethical matrix*). Dalam matriks ini dapat dianalisis tiga faktor, yaitu *well being* (kesejahteraan), otonomi, dan keadilan, dapat juga ditambahkan faktor keempat, yaitu tidak

mencederai (Nazif 2008b). Ketiga hal tersebut dianalisis untuk semua pihak yang akan terlibat dan yang akan merasakan dampak penerapan teknologi. Harus dipastikan bahwa faktor-faktor yang dianalisis tersebut dapat terpenuhi pada semua (atau sebagian besar) pihak yang terlibat. Jika tidak, maka perlu dilakukan pengkajian langkah alternatif lainnya, atau dilakukan perombakan mulai dari rencana penelitian hingga aplikasi di lapang, dengan tujuan untuk meminimalisir (jika tidak bisa menghilangkan) risiko negatif yang muncul.

Sosialisasi yang layak pada pihak-pihak terkait sebelum aplikasi juga selainya dilakukan, selain demi kelancaran proses jalannya aplikasi teknologi, juga sampai tahap-tahap tertentu diharapkan dapat mereduksi potensi konflik di masyarakat.

Dengan demikian, diharapkan bahwa tujuan penelitian dan aplikasi penelitian dibidang bioteknologi khususnya, tidak hanya berpusat pada kepentingan manusia (*human centered*), tetapi juga harus mempertimbangkan kelestarian alam dan keberlanjutan pembangunan. Peraturan-peraturan pemerintah terkait bioetika dibidang bioteknologi pertanian masih berkisar seputar permasalahan kebolehpatenan produk bioteknologi dan keamanan produksi pangan ditinjau dari kepentingan manusia (masih *human centered*). Masih perlu diupayakan kajian bioetika lingkungan yang diharapkan mampu menjawab berbagai permasalahan lingkungan dan biodiversitas yang selalu muncul berkejar-kejaran dengan perkembangan teknologi, berkejar-kejaran waktu.

KESIMPULAN

Dari uraian di atas dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Pemenuhan hak manusia agar tidak bertentangan dengan hak alam. Perlu dirumuskan acuan bioetika lingkungan yang mengindahkan prinsip-prinsip etika lingkungan sebagai panduan bagi para peneliti dan praktisi dibidang bioteknologi pertanian.
2. Perlu adanya kajian bioetika dalam penggunaan sumber daya genetis mikrobia di lingkungan dengan jangkauan pemikiran ke depan, mencakup kajian bioetika terkait penggunaan mikrobia hasil rekayasa genetika, dan kajian bioetika terkait kontrol perubahan ekologis.

DAFTAR PUSTAKA

- Kinderlerer, J. and M. Adcock. 2003.** Agricultural Biotechnology, Politics, Ethics, and Policy. The FANRPAN/IFPRI, Regional Policy Dialogue on Biotechnology, Agriculture, and Food Security in Southern Africa.
- Nazif, A.H. 2008a.** Universal Declaration on Bioethics and Human Rights: Kisah perjalanan, rumusan, dan prospeknya. Makalah disampaikan dalam Seminar Nasional Bioetika Pertanian. Bogor, 29 Mei 2008.
- Nazif, A.H. 2008b.** Matriks Etika: Peranti analisis etika. Makalah disampaikan dalam Seminar Nasional Bioetika Pertanian. Bogor, 29 Mei 2008.
- Peters and J. Christian. 2000.** Genetic engineering in agriculture: Who stands to Benefit? Journal of Agricultural and Environmental Ethics 13(3-4):313-327.